
Az **INTRO** projekt

Troposzféra modellek integritásvizsgálata

Rédey szeminárium
2017. 04. 28.

Ambrus Bence

A projekt leírása

Célkitűzés: troposzféra modellek maradék hibáinak modellezése, a modellek integritásának vizsgálata

- túl konzervatív modellek
- safety-of-life alkalmazások
- jövőbeli igények kielégítése

Várható befejezés: 2018 eleje

Finanszírozás: ESA

Résztvevők

- BME ÁFGT (~60%)
 - Menedzsment
 - Adatfeldolgozás
 - Feldolgozási környezet létrehozása
- OMSZ (~20%)
 - Meteorológiai adatszolgáltatás
 - Adatminőség ellenőrzése
- Integricom (~20%)
 - Követelmények és metodológia kialakítása

A projekt fázisai

1. Követelmélmények megfogalmazása
2. Meglévő troposzféra modellek ismertetése, értékelése
3. Kiválasztott modellek összehasonlító elemzése
4. Adatfeldolgozás és elemzés
5. Maradék ellentmondások modellezése (extrém érték elmélet)

A projekt fázisai

- 1. Követelmélmények megfogalmazása**
- 2. Meglévő troposféra modellek ismertetése, értékelése**
- 3. Kiválasztott modellek összehasonlító elemzése**
4. Adatfeldolgozás és elemzés
5. Maradék ellentmondások modellezése (extrém érték elmélet)

A troposzféra modellek elemzése

Vizsgált modellek:

- RTCA MOPS
- ESA modell
- GPT2
- GPT2w

Blind és site augmented módok használata.

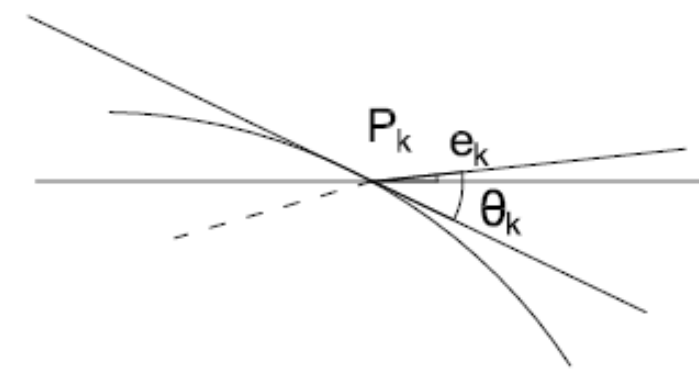
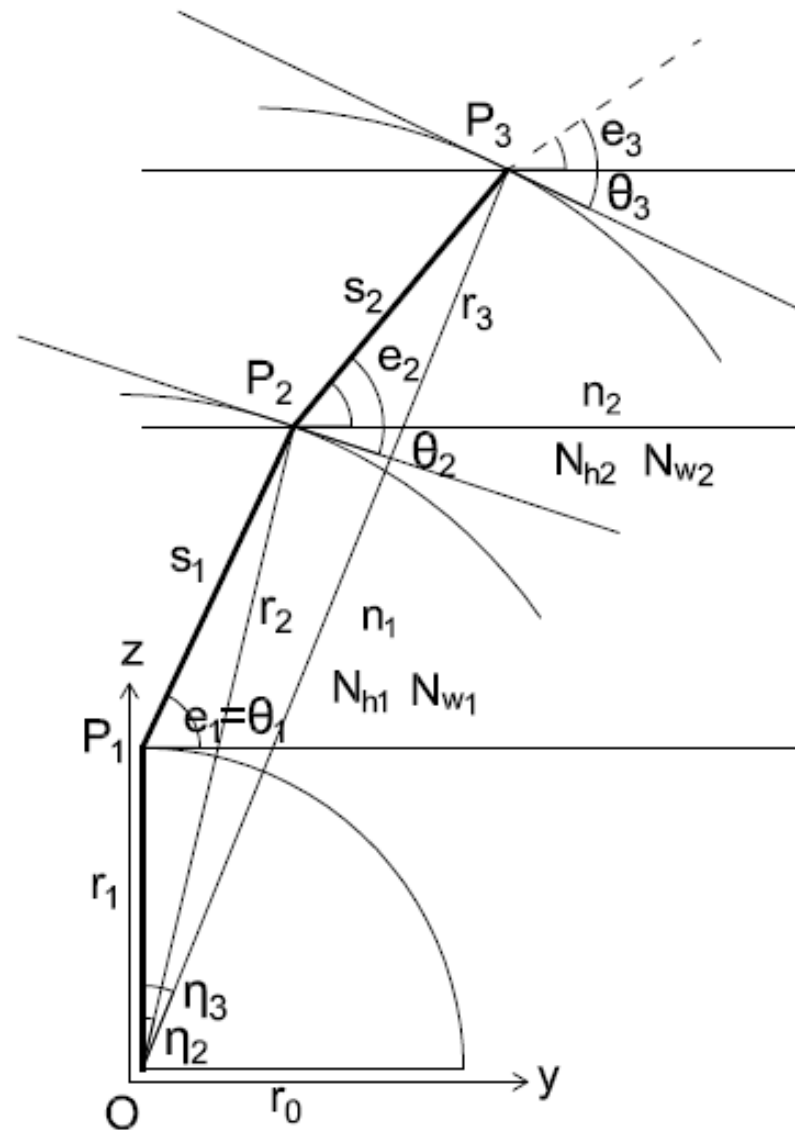
Referencia: NWM adatokból sugárkövetéssel előállított késleltetés értékek.

Referencia adatok előállítása

- NWM adatok (ERA) az OMSZ-től 2000. január 1-től 2016. október 31-ig (napi 4 adat, 24 596 epocha)
- Az előzetes elemzés során 24 hónapot (napi 1 adat) használtunk
- GRIB adatcsere formátum (3 dimenziós matrix)
- Geopotenciális érték, hőmérséklet, specifikus nedvesség
- Sugárkövetés 5 kezdeti magassági szöggel (90, 45, 10, 5, 3)

Végeredmény: a Föld teljes felszínére $1^\circ \times 1^\circ$ felbontásban késleltetés és elhajlás értékek

1. Gpé $\rightarrow$ magasság számítás
2. Nyomásszintek felbontásának megnövelése és kiterjesztése (ISA adatok)
3. Meteo. adatok interpolációja/extrapolációja (lineáris és exponenciális)
4. Sugárkövetés számítása
 1. Refraktivitási indexek számítása a réteghatárokon
 2. Refraktivitási indexek meghatározása a rétegekre
 3. Száraz/nedves késleltetés, geometriai késleltetés, végleges magassági szög kiszámítása



-

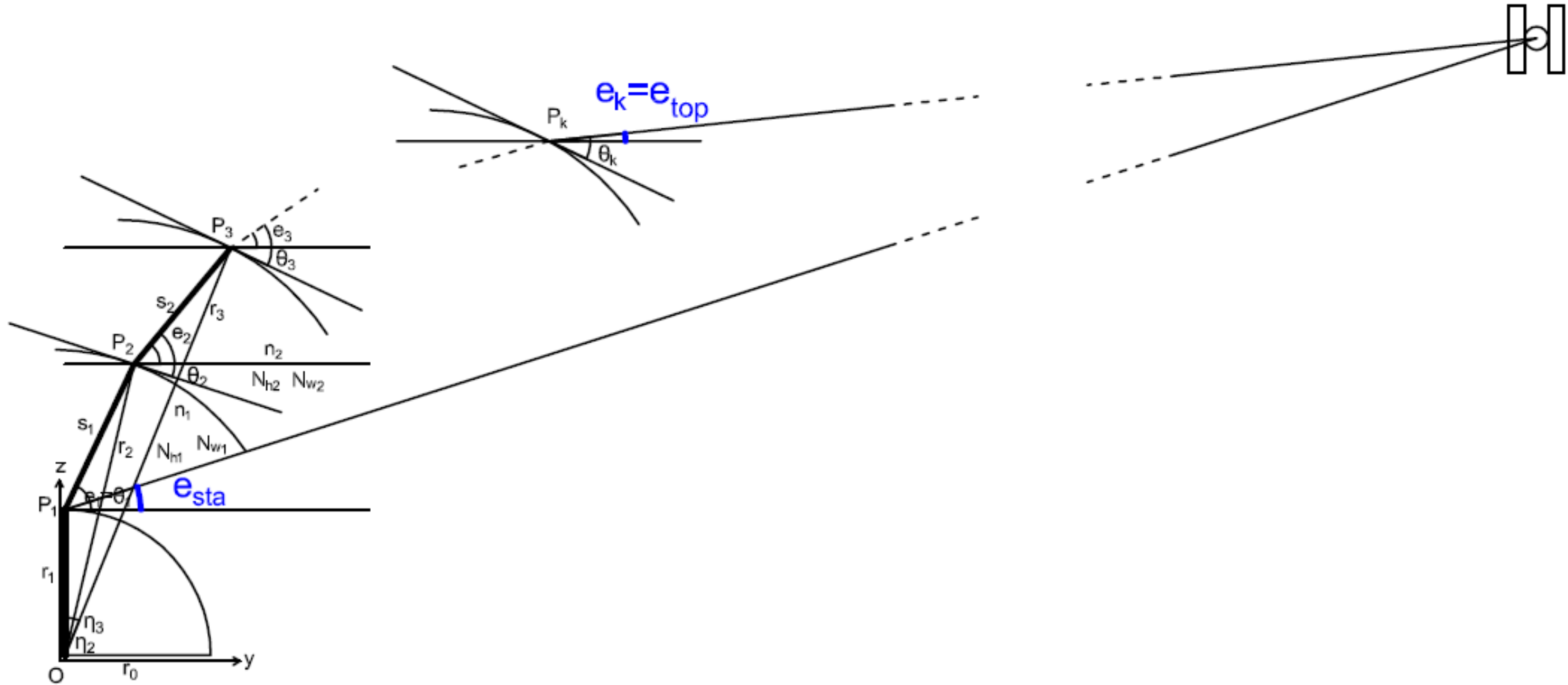
Modelladatok előállítása, ellentmondások

- MATLAB kódok rendelkezésre állnak
- Magassági szög megváltozása
- Tengerszint feletti magasság/ellipszoid feletti magasság

Ellentmondások számítása

- Ellentmondás: (referencia) – (modell)
- Statisztikai paraméterek: bias (átlagos ellentmondás), RMS (az ellentmondások szórása), σ (átlagos eltérés a biashoz képest)

Modelladatok előállítás, ellentmondások

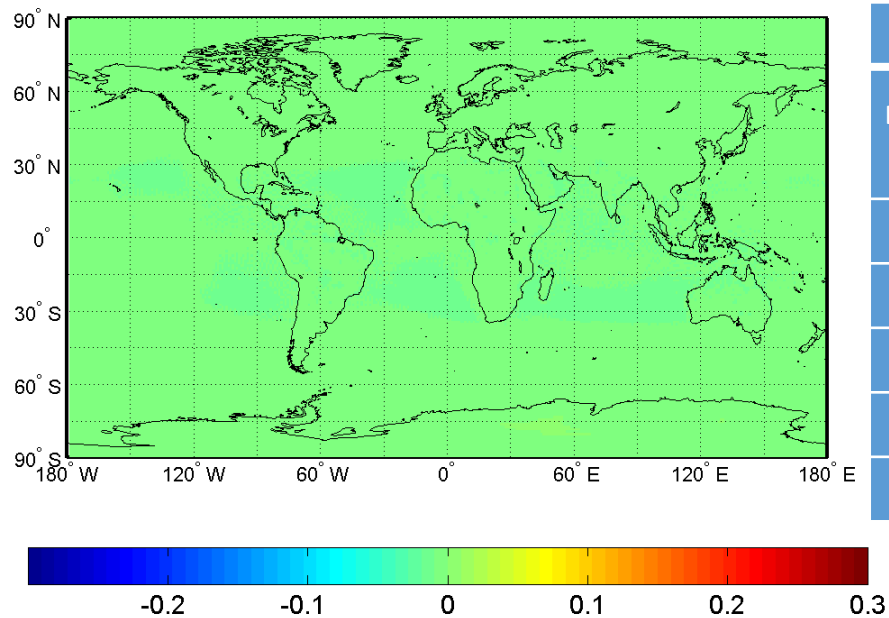


RTCA MOPS

- Legrégebbi modell
- ZHD és ZWD számítás
 - Nyomás
 - Hőmérséklet
 - Parciális párányomás
 - Hőmérséklet és parciális párányom. megváltozása (lapse rate)
- A meteo. paraméterek szezonális változása
- Műholirányú késleltetés: Black leképzési függvény (módosítva 4°-2°között)

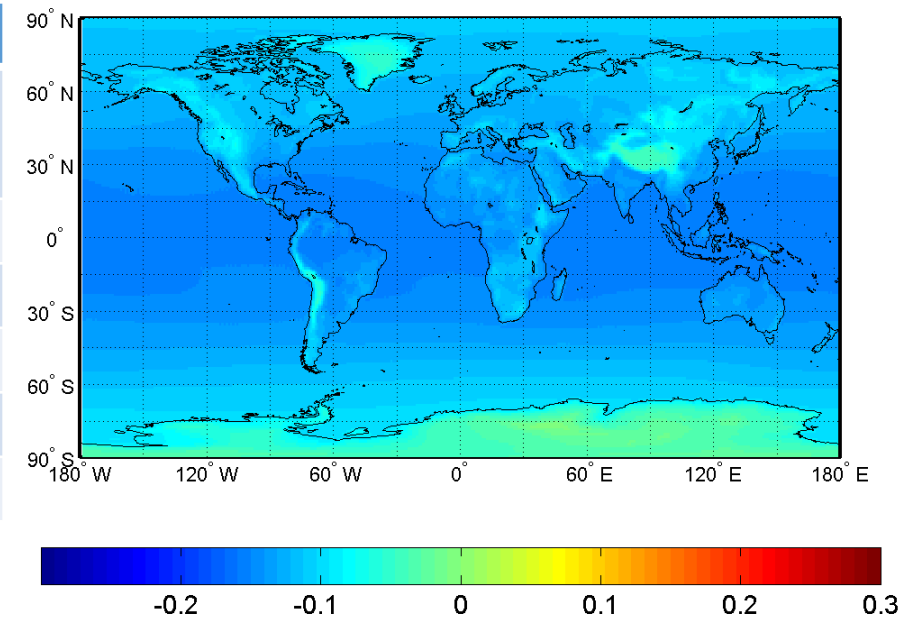
RTCA MOPS

Bias (site mode, hidrosztatikus késleltetés)



45°

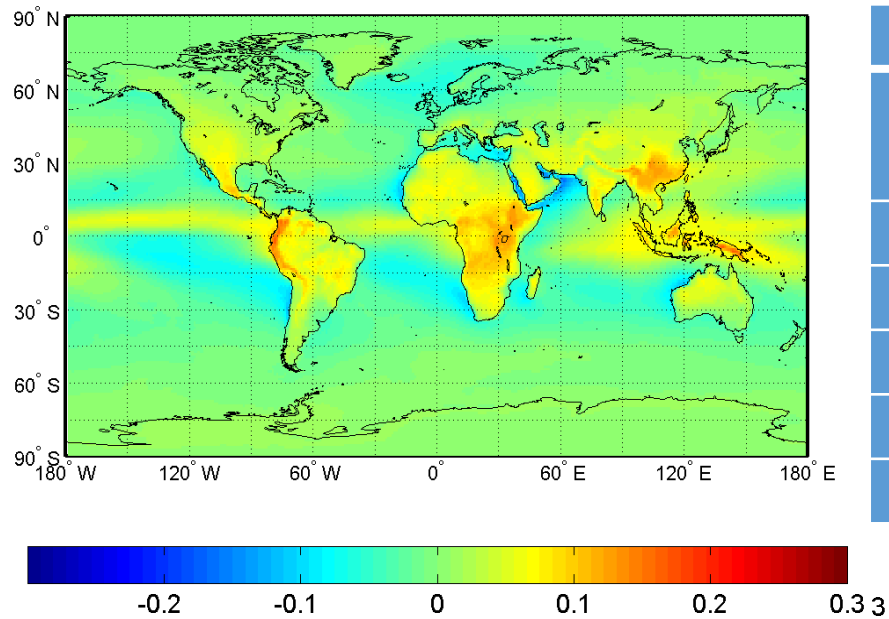
RTCA-MOPS site mode hydrostatic delay			
Elevation angle [°]	Bias [m]	σ [m]	RMS [m]
3	-0.951	0.454	1.054
5	-0.404	0.158	0.434
10	-0.121	0.033	0.126
45	-0.008	0.002	0.008
90	-0.005	0.001	0.005



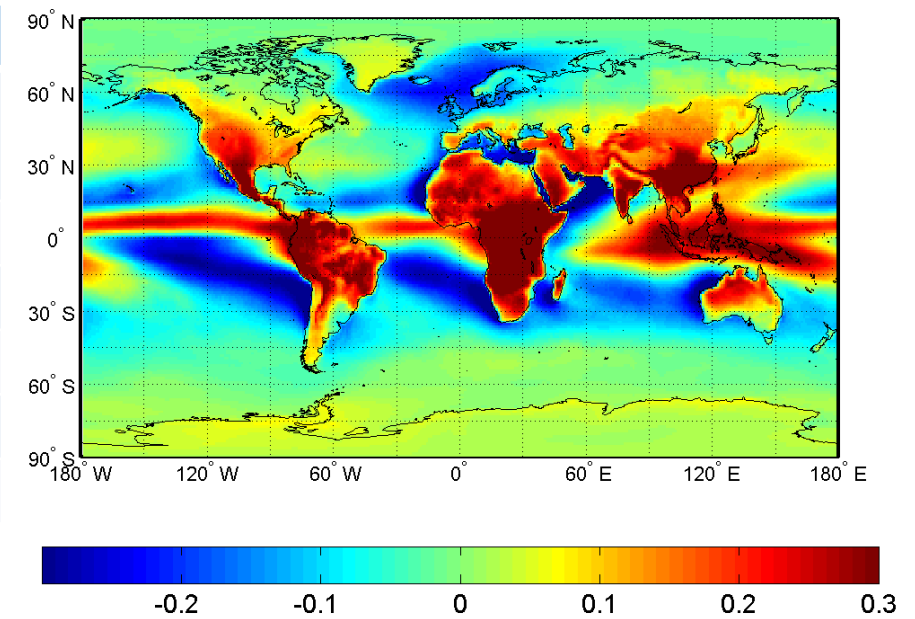
10°

RTCA MOPS

Bias (site mode, nedves késleltetés)



RTCA-MOPS site mode wet delay			
Elevation angle [°]	Bias [m]	σ [m]	RMS [m]
3	0.233	0.521	0.570
5	0.073	0.322	0.330
10	0.011	0.165	0.166
45	0.001	0.041	0.041
90	0.000	0.029	0.029

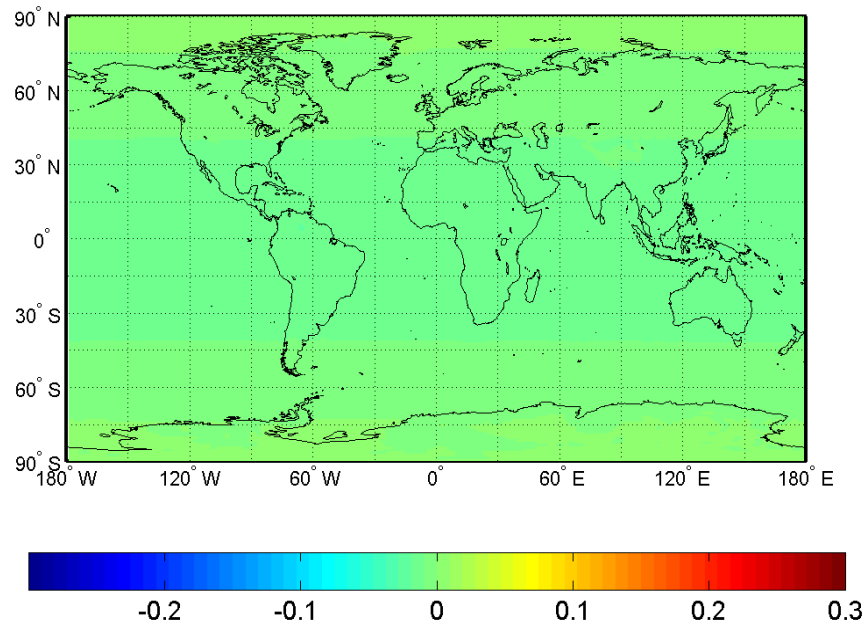


ESA modell

- Galileohoz kifejlesztett modell
- Felhasznált paraméterek
 - Nyomás
 - Hőmérséklet
 - Parciális párányomás
 - A parciális párányom. megváltozása (decrease factor)
- A nehézségi gyorsulás számítása szélesség és magasság függvényében
- A meteo. paraméterek éves és napi változása
- Négy rácspontból interpolálás
- Műholirányú késleltetés: Niell leképzési függvény

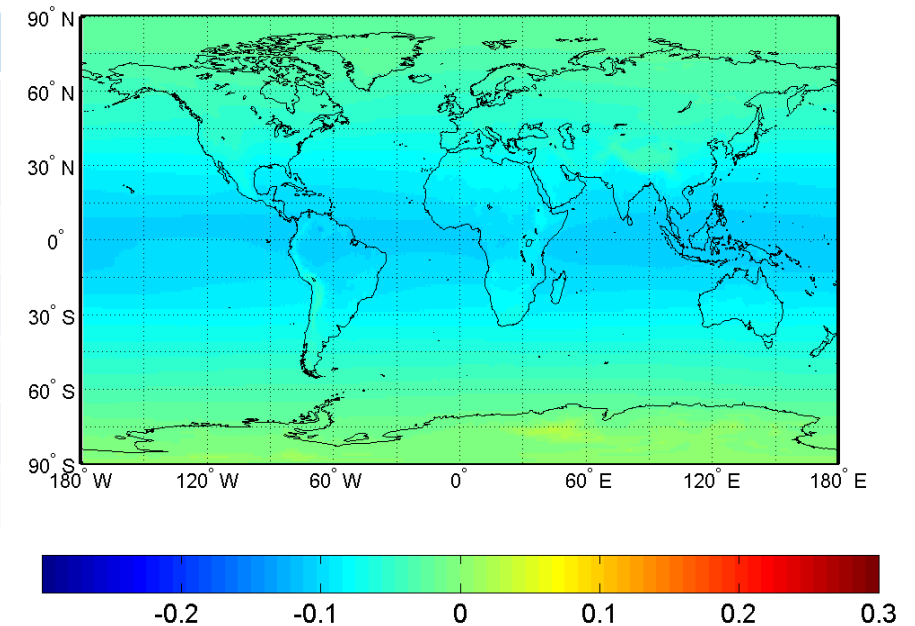
ESA modell

Bias (site mode, hidrosztatikus késleltetés)



45°

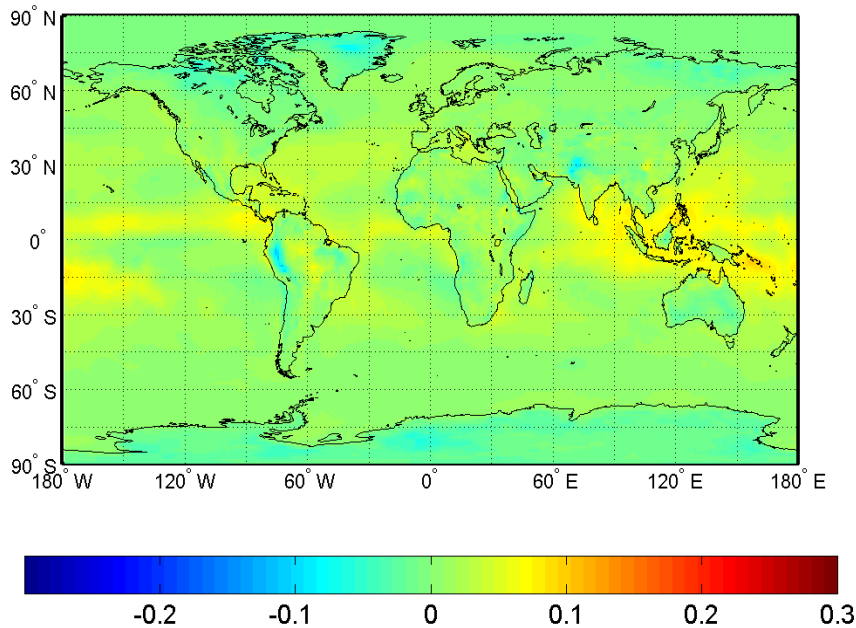
ESA model site mode hydrostatic delay			
Elevation angle [°]	Bias [m]	σ [m]	RMS [m]
3	-0.646	0.250	0.692
5	-0.231	0.101	0.252
10	-0.058	0.033	0.066
45	-0.008	0.007	0.010
90	-0.005	0.005	0.007



10°

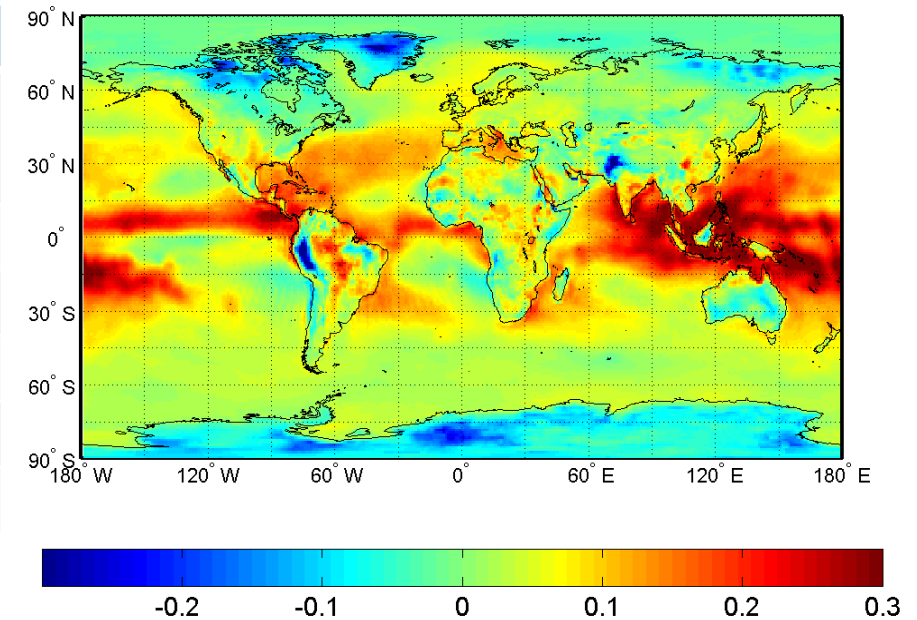
ESA modell

Bias (site mode, nedves késleltetés)



45°

ESA model site mode wet delay			
Elevation angle [°]	Bias [m]	σ [m]	RMS [m]
3	0.121	0.341	0.361
5	0.078	0.222	0.235
10	0.040	0.116	0.123
45	0.010	0.029	0.031
90	0.007	0.020	0.022

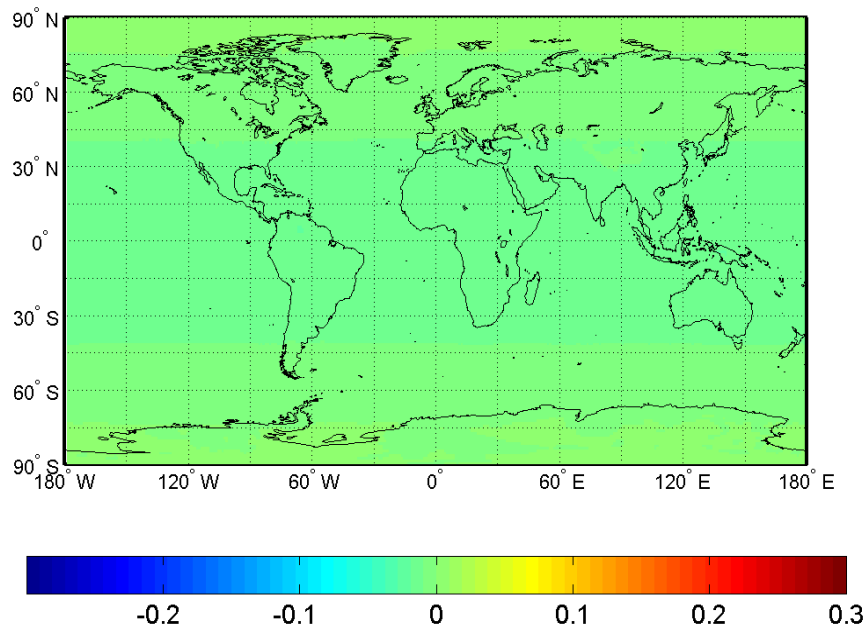


10°

GPT2 és GPT2w

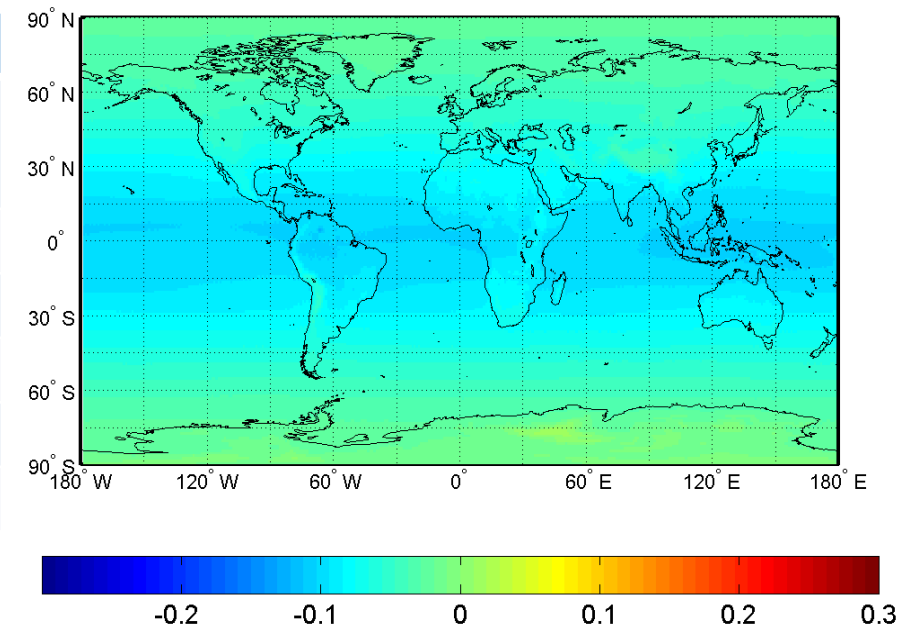
- TU Wien által fejlesztett
- Szigorúan véve nem tropo. Modell
- ERA Interim adatokból levezetett:
 - Nyomás
 - Hőmérséklet
 - Hőmérséklet változás (lapse rate)
 - Parciális párányomás
 - **A parciális párányom. megváltozása (decrease factor)**
- $1^\circ \times 1^\circ$ -os rácsban tárolt adatok (számítás interpolációval)
- Éves és féléves változás modellezése minden paraméterre
- Hidrosztatikus késleltetés: Saastamoinen modellel
- Nedves késleltetés: Askne-Nordius modellel
- Műholirányú késleltetés: Vienna Mapping Function 1

Bias (site mode, hidrosztatikus késleltetés)



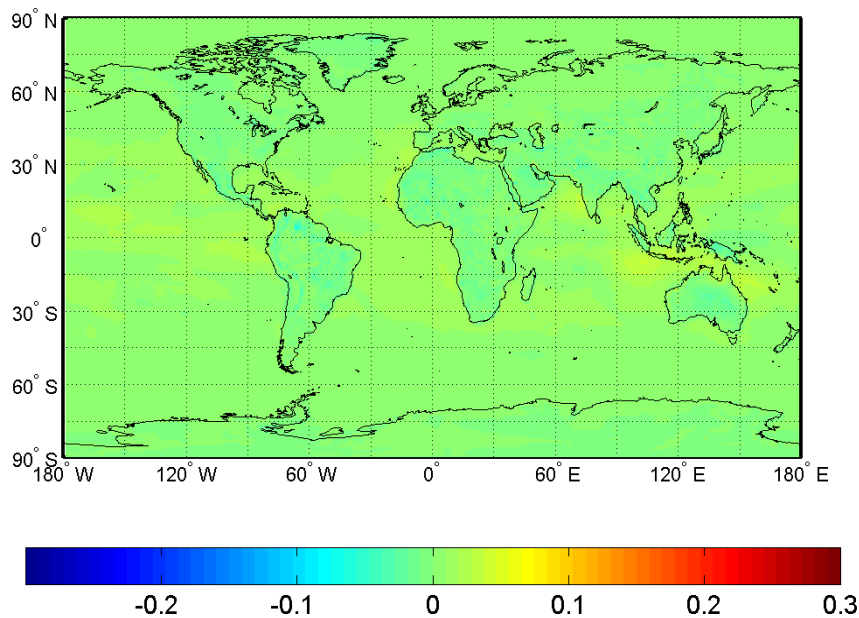
45°

GPT2w model site mode hydrostatic delay			
Elevation angle [°]	Bias [m]	σ [m]	RMS [m]
3	-0.687	0.180	0.710
5	-0.247	0.075	0.258
10	-0.060	0.029	0.067
45	-0.008	0.007	0.010
90	-0.005	0.005	0.007



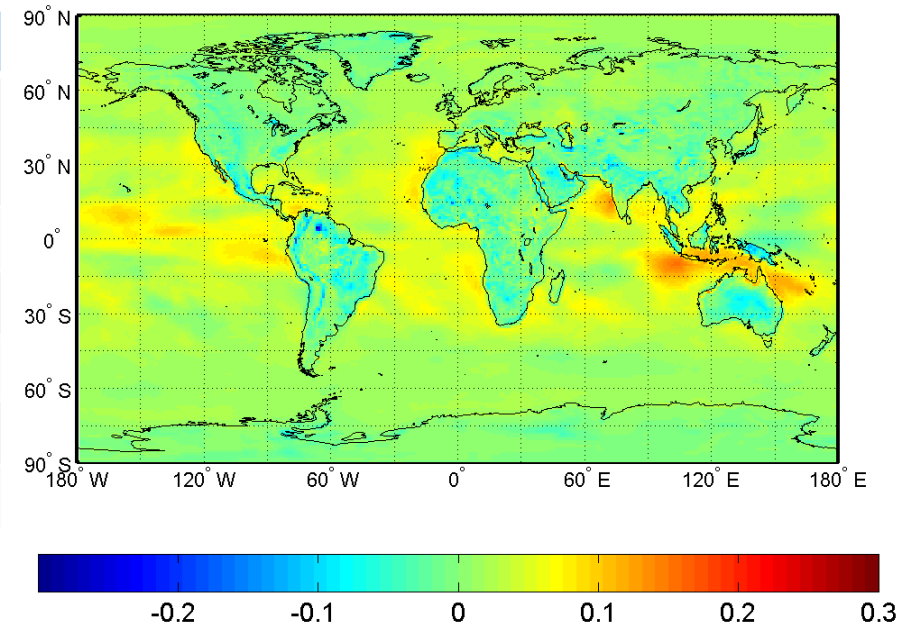
10°

Bias (site mode, nedves késleltetés)



45°

GPT2w model site mode wet delay			
Elevation angle [°]	Bias [m]	σ [m]	RMS [m]
3	0.050	0.190	0.197
5	0.033	0.123	0.128
10	0.018	0.064	0.067
45	0.004	0.016	0.017
90	0.003	0.011	0.012

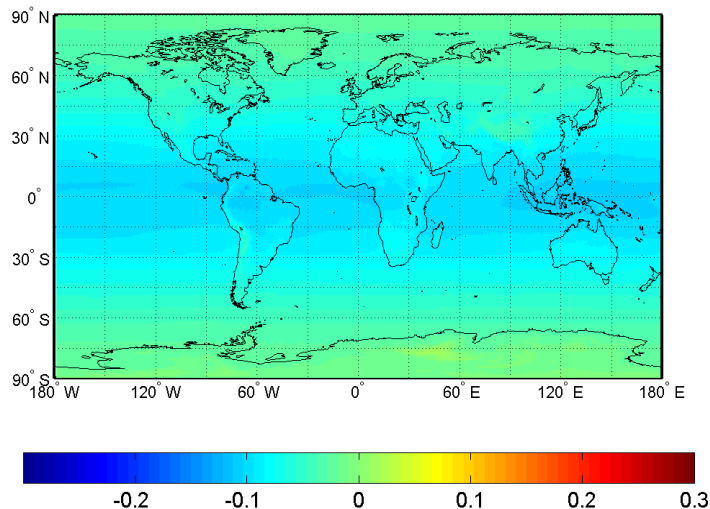


10°

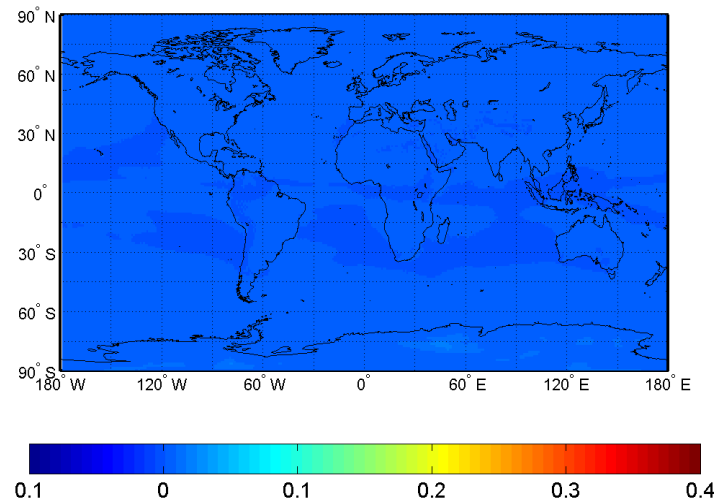
ESA és GPT2w hidrosztatikus késleltetés

GPT2w

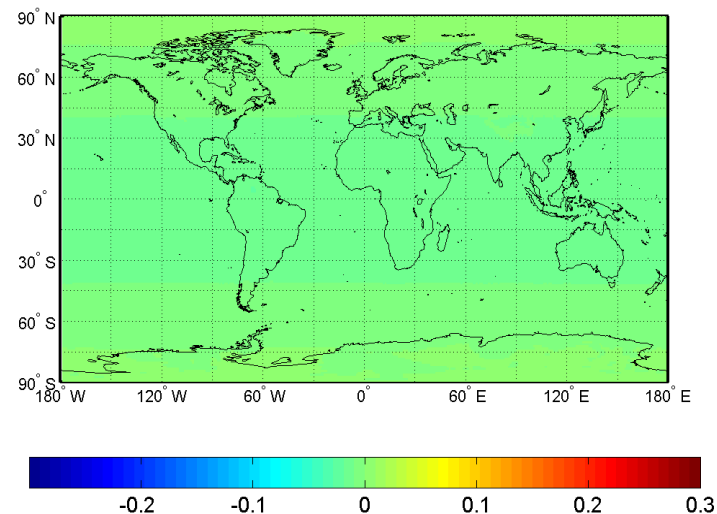
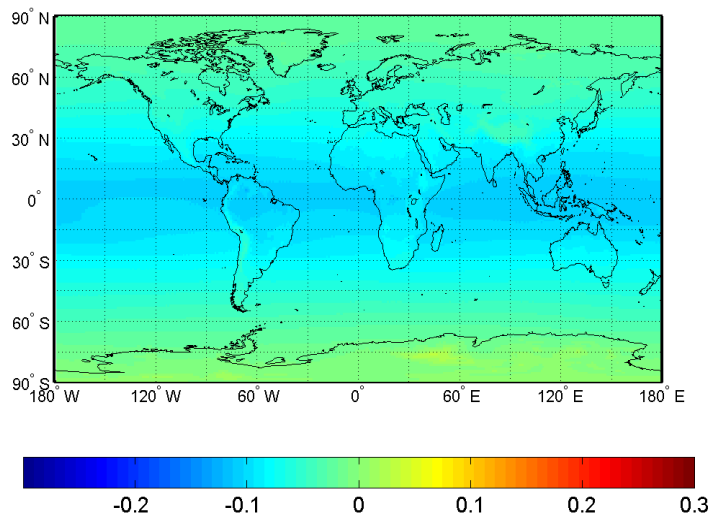
Bias (site mode, 10°)



σ (site mode, 10°)



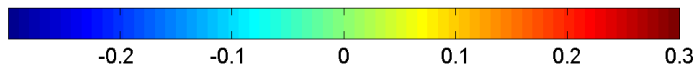
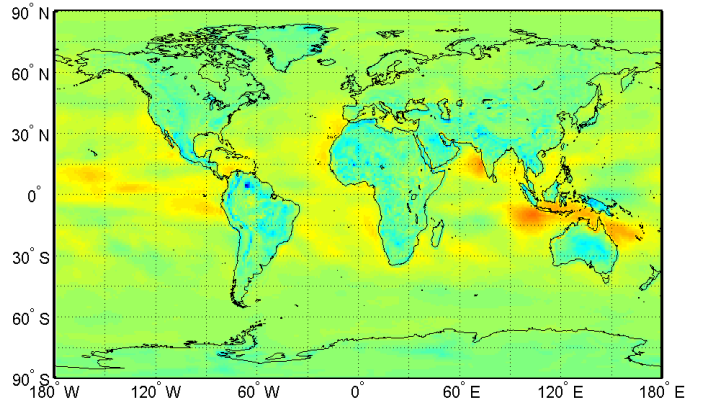
ESA



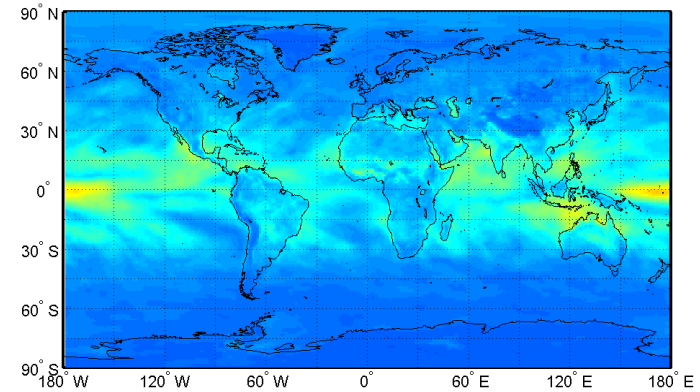
ESA és GPT2w nedves késleltetés

GPT2w

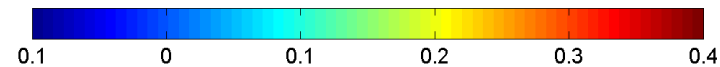
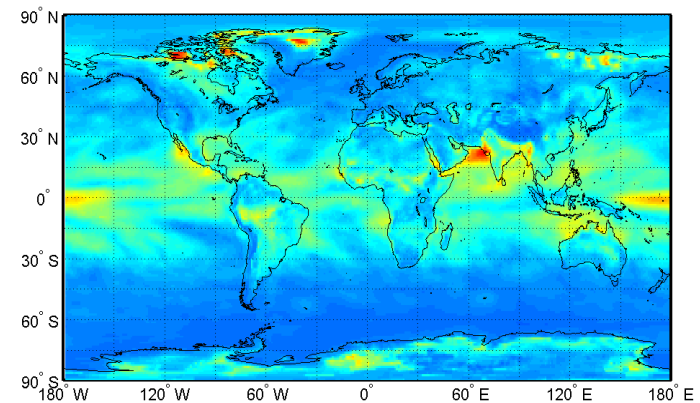
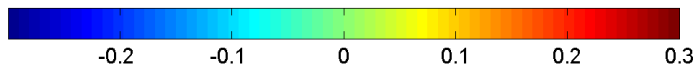
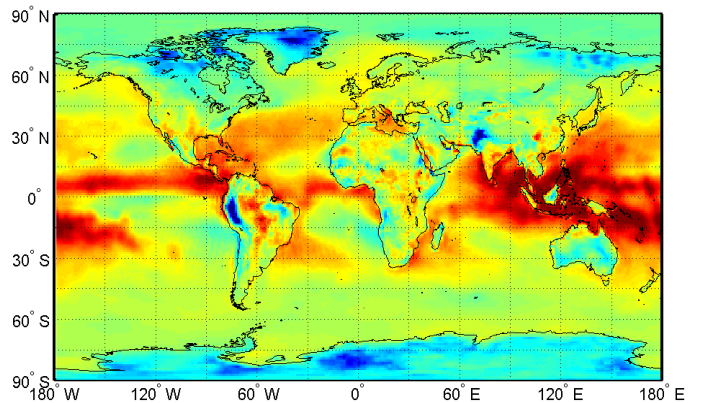
Bias (site mode, 10°)



σ (site mode, 10°)



ESA



Konklúzió

- Hidrosztatikus késleltetés: ESA és GPT2w is optimális
- Nedves késleltetés: GPT2w jobban illeszkedik a referenciára
 - Parciális párányomás megváltozása mint paraméter
 - Éves és féléves periodicitás figyelembevétele
 - Frisebb adatok (2001-2010)

További adatfeldolgozás

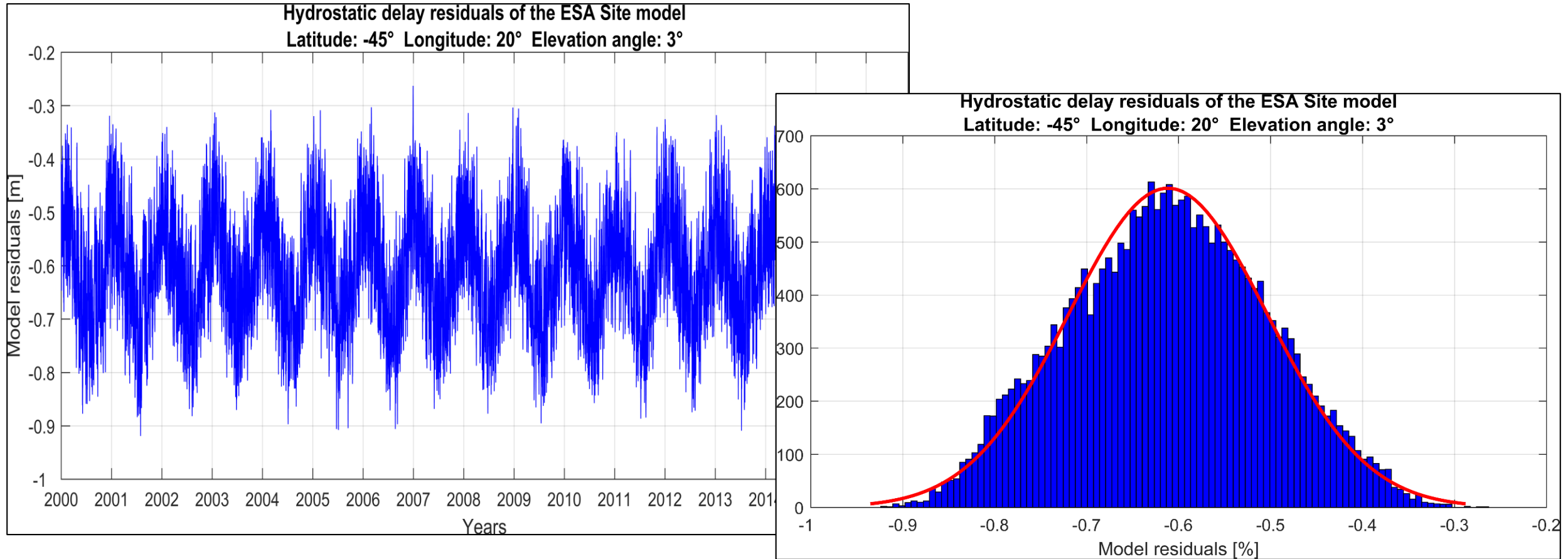
- Referencia és modelladatok naponként fájlokban
- Egy sor: 1 rácspont (1 szél., 1 hossz., 1 mag. szög)

$24\,596 \text{ epocha} \cdot 181 \text{ szél.} \cdot 360 \text{ hossz.} \cdot 5 \text{ mag. szög} \rightarrow$
 $\rightarrow 8\,013\,376\,800 \text{ sor}$

- Adatstruktúra átszervezése, kereshetőség $\rightarrow$ adatbázis
- Szegmentálás 10 fokos sávokban
- PostgreSQL RDBM, indexek, ~2,4 TB

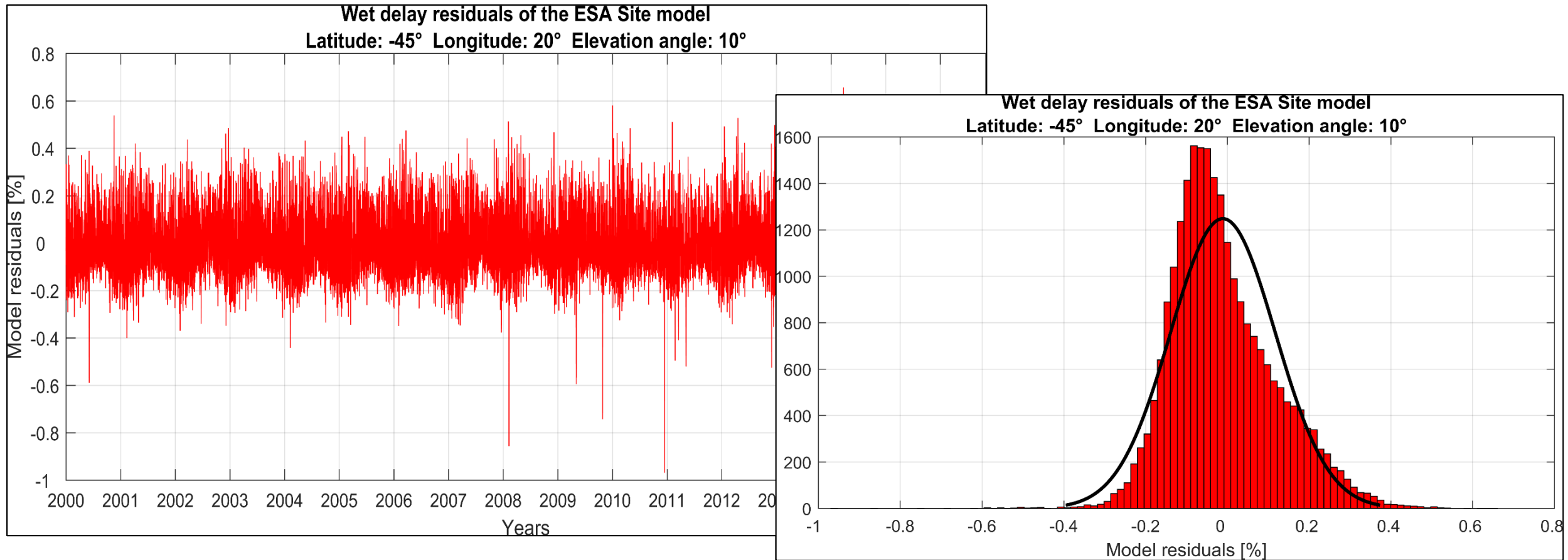
További adatelemzés

- Maradék ellentmondások vizsgálata: periodicitás, eloszlás



További adatelemzés

- Maradék ellentmondások vizsgálata: periodicitás, eloszlás



További adatelemzés

- Maradék ellentmondások vizsgálata: periodicitás, eloszlás

